

03P 01261

B1

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3901838 A1**

⑤1 Int. Cl. 5:  
**B 23 Q 39/02**  
B 23 Q 7/00

②1 Aktenzeichen: P 39 01 838.5  
②2 Anmeldetag: 23. 1. 89  
④3 Offenlegungstag: 2. 8. 90

DE 3901838 A1

⑦1 Anmelder:  
Hüller Hille GmbH, 7140 Ludwigsburg, DE

⑦4 Vertreter:  
Beyer, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4030 Ratingen

⑦2 Erfinder:  
Lipp, Willi, 5810 Witten, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Bearbeiten gleicher oder ungleicher Werkstücke mit NC-gesteuerten Bearbeitungszentren und NC-gesteuertes Bearbeitungszentrum zum Durchführen dieses Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mit NC-gesteuerten Bearbeitungszentren und ein NC-gesteuertes Bearbeitungszentrum zum Durchführen des Verfahrens. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist die gleichzeitige Bearbeitung mit zwei Spindeln möglich, wobei die Werkstückabmessungen nicht mehr vom Spindel-Abstand abhängig sind. Außerdem ist eine Rundumbearbeitung der Werkstücke mit nur einem Werkzeugsatz gegeben, wobei sowohl gleiche als auch ungleiche Werkstücke bearbeitet werden können, mit nur einem in einem Werkzeugmagazin gespeicherten Werkzeugsatz.

DE 3901838 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten gleicher oder ungleicher Werkstücke mit NC-gesteuerten Bearbeitungszentren.

Des weiteren betrifft die Erfindung ein NC-gesteuertes Bearbeitungszentrum zum Durchführen des Verfahrens.

## Stand der Technik

Die Einspindel-Bearbeitung ist die universellste und flexibelste Art der Bearbeitung auf NC-gesteuerten Bearbeitungszentren. Für höhere Stückzahlen erfordert sie aber den Einsatz eines weiteren NC-gesteuerten Bearbeitungszentrums, was sehr häufig kostenmäßig ungünstig ist.

Aus diesen Grunde wurde von der Anmelderin ein Bearbeitungszentrum entwickelt, das diese unter der Typenbezeichnung nb-h TWIN vertreibt. Bei der nb-h TWIN werden zwei gleiche Werkstücke mit zwei Arbeitsspindeln gleichzeitig bearbeitet. Das geschieht in einer Stückzeit und bedeutet somit eine Verdopplung der Ausbringung.

Nachteilig ist hierbei, daß nur gleiche Teile bearbeitet werden können, die in ihren Abmessungen innerhalb des Spindelabstandes von z. B. 250 mm liegen. Außerdem ist nur die Bearbeitung auf Umschlag (180°) sinnvoll möglich.

Der Werkzeugvorrat ist bei der nb-h TWIN auf 20 Werkzeuge pro Spindel begrenzt. Außerdem müssen die Werkzeuge in den beiden Spindeln zur Erzielung guter Ergebnisse in den Abmessungen identisch sein. Bei Werkstücken mit hoher Genauigkeit ist das eine nur sehr schwer erfüllbare Forderung. Es werden zwei komplette Werkzeugsätze benötigt, was entsprechend hohe Investitionskosten bedeutet.

Vorwiegendes Einsatzgebiet der nb-h TWIN ist die Automobilindustrie.

## Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Vorteile der Zweispindel-Bearbeitung auszunutzen, ohne die bekannten Nachteile dafür in Kauf nehmen zu müssen. Deshalb soll ein Verfahren zur Bearbeitung gleicher oder ungleicher Werkstücke mit NC-gesteuerten Bearbeitungszentren geschaffen werden, das diesen Anforderungen genügt.

Des weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein NC-gesteuertes Bearbeitungszentrum zum Durchführen dieses Verfahrens zu schaffen.

## Lösung der Aufgabe betreffend das Verfahren

Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 wiedergegebenen Merkmale gelöst.

## Einige Vorteile

Bei der Erfindung ist ebenfalls wie bei der nb-h TWIN eine gleichzeitige Bearbeitung von Werkstücken mit zwei Spindeln möglich.

Ein besonderer Vorteil besteht darin, daß auch Werkstücke mit größeren Abmessungen bearbeitet werden können, als dies bei der nb-h TWIN möglich ist, da eine Festlegung auf einen bestimmten Spindelabstand von z. B. 250 mm nicht mehr erforderlich ist.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß eine Rundumbearbeitung der Werkstücke ohne Schwierigkeiten gegeben ist.

Des weiteren ist die gleichzeitige Bearbeitung von zwei gleichen oder ungleichen Werkstücken möglich.

Durch die flexible Programmierung erfolgt die Werkstückbearbeitung nicht mehr — wie bisher — grundsätzlich nach einer starr im Programm vorgegebenen Reihenfolge, sondern flexibel nach bestimmten Strategien und nach jeweils in dem einzigen Werkzeugmagazin vorhandenen Werkzeugen.

Der werkzeugbeeinflusste Programmablauf des Duo-Bearbeitungszentrums erlauben die gleichzeitige Bearbeitung von zwei gleichen oder ungleichen Werkstücken mit nur einem Schnittmengen-Werkzeugsatz und ungefähr gleicher Zeit wie bei zwei getrennten Bearbeitungszentren oder gemäß der zum Stand der Technik gehörenden nb-h TWIN.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können die Maschinenkosten niedriger als bei zwei separaten NC-gesteuerten Bearbeitungszentren bestimmt werden. Außerdem ergeben sich ungefähr nur die halben Werkzeugkosten, während die Stückkosten in der Regel günstiger sind.

Eine weitere vorteilhafte Verfahrensweise ist in Patentanspruch 2 beschrieben.

Bei dieser Ausführungsform besitzt der Werkzeug-Wechsler Speicherfunktion, da er zwei im spitzen Winkel, beispielsweise unter 45°, zueinander stehende Arme aufweist.

Lösung der Aufgabe hinsichtlich der Schaffung eines zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmten NC-gesteuerten Bearbeitungszentrums

Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 3 wiedergegebenen Merkmale gelöst.

Ein erfindungsgemäßes Bearbeitungszentrum umfaßt somit zwei NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen, die zwischen sich ein gemeinsames Werkzeugmagazin integrieren, aus dem die Werkzeuge flexibel der jeweiligen Bearbeitungsspindel zugeführt werden.

Ein derartiges Bearbeitungszentrum ist durch Linearpalettenspeicher ausbaubar.

Des weiteren kann ein erfindungsgemäßes Bearbeitungszentrum in ein flexibles Fertigungssystem integriert werden.

Durch die Anordnung von zwei Palettenwechslern können bis zu vier verschiedene oder gleiche Werkstücke von unterschiedlichen Seiten und in praktisch beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden. Diese Anzahl kann durch Anordnung eines Linearpalettenspeichers entsprechend vergrößert werden.

Bei der Erfindung wird somit zur Bearbeitung gleicher oder ungleicher Werkstücke aus einem zentralen Werkzeugmagazin, das vorzugsweise die jeweils benötigten Werkzeuge nur einmal enthält (nur ein Werkzeugsatz), die Werkzeuge entsprechend den notwendigen Bearbeitungen an den Werkstücken zugeführt werden, derart, daß bei der Bearbeitung gleicher Werkstücke die Zuführung der Werkzeuge zu den betreffenden Spindeln zeitversetzt erfolgt, während bei der Bearbeitung ungleicher Werkstücke aus der Schnittmenge aller benötigten Werkzeuge in dem gemeinsamen Zentralmagazin die Auswahl der Werkzeuge NC-gesteuert vorgenommen wird, wobei sowohl bei der Bearbeitung gleicher als auch bei der Bearbeitung ungleicher Werkstücke die Werkzeug-Auswahl flexibel nach dem jeweils im

zentralen Werkzeugmagazin vorhandenen Werkzeugen vorgenommen wird.

In der Zeichnung ist die Erfindung — teils schematisch — an Ausführungsbeispielen veranschaulicht. Es zeigen:

Fig. 1 eine graphische Darstellung des Werkzeug-Stückzeit-Verhältnisses zwischen einem einspindligen und einem zwispindligen NC-gesteuerten Bearbeitungszentrum (nb-h 90 und nb-h TWIN der Anmelderin);

Fig. 2 ein NC-gesteuertes Bearbeitungszentrum gemäß der Erfindung in perspektivischer Darstellung und stark vereinfacht dargestellt;

Fig. 3a bis 3h den Werkzeugwechsel in einem Bearbeitungszentrum gemäß der Erfindung in stark vereinfachter Darstellung;

Fig. 4 eine graphische Darstellung betreffend Werkzeug-Stückzeit-Verhältnis bei einem Bearbeitungszentrum gemäß der Erfindung;

Fig. 5 in graphischer Darstellung die Werkzeug-Auswahl-Möglichkeiten bei einem Bearbeitungszentrum gemäß der Erfindung als Operationsnetz;

Fig. 6 ein Werkstück in der Seitenansicht;

Fig. 7 eine Draufsicht zu Fig. 6;

Fig. 8 eine Stirnansicht zu Fig. 6;

Fig. 9 eine weitere graphische Darstellung, wobei die nb-h TWIN und die nb-h 90 im Vergleich zu einem erfindungsgemäßen Bearbeitungszentrum hinsichtlich des Werkzeug-Stückzeit-Verhältnisses gegenübergestellt sind;

Fig. 10 einen Kostenvergleich in graphischer Darstellung;

Fig. 11 ein erfindungsgemäßes Bearbeitungszentrum mit FFS und

Fig. 12 drei erfindungsgemäße NC-gesteuerte Bearbeitungszentren in einem flexiblen Fertigungssystem integriert.

Aus Fig. 1 geht das Werkzeug-Stückzeit-Verhältnis zwischen der von der Anmelderin entwickelten einspindligen nb-h 90 und der zwispindligen nb-h TWIN hervor. Auf der Ordinate sind die Anzahl der Werkzeuge und auf der Abzisse die Stückzeiten dargestellt. Deutlich ist zu sehen, daß bei der Einspindel-Bearbeitung mittels der nb-h 90 etwa nur die halbe Anzahl von Werkzeugen gegenüber der nb-h TWIN erforderlich ist. Allerdings verdoppelt sich bei der nb-h 90 auch die Stückzeit. Oder anders ausgedrückt kann man feststellen, daß die Einspindel-Bearbeitung mit der nb-h 90 etwa die halben Investitionskosten für die im Werkzeugmagazin gespeicherten Werkzeuge voraussetzt, aber eben lange Stückzeiten verursacht. Dagegen verlangt die Zwispspindel-Bearbeitung mittels der nb-h TWIN ungefähr die doppelten Investitionskosten für die im Werkzeugmagazin gespeicherten Werkzeuge, wobei sich die Stückzeit gegenüber der nb-h 90 etwa auf die Hälfte reduziert, weil die nb-h TWIN, bei der mit zwei Arbeitspindeln gleichzeitig zwei gleiche Werkstücke bearbeitet werden, ungefähr die doppelten Investitionskosten für die im Werkzeugmagazin gespeicherten Werkzeuge verlangt.

An das erfindungsgemäß angestrebte, NC-gesteuerte Bearbeitungszentrum wurden nun folgende Forderungen gestellt:

1. gleichzeitige Bearbeitung mit zwei Spindeln bei ungleichen Operationen,
2. größere Werkstück-Abmessung,
3. Rundumbearbeitung der Werkstücke,
4. nur einen Werkzeugsatz,

5. gleichzeitige Bearbeitung von zwei gleichen Werkstücken,

6. gleichzeitige Bearbeitung von zwei ungleichen Werkstücken,

7. ein großes Werkzeug-Magazin.

Diese Forderungen werden durch das aus Fig. 2 ersichtliche NC-gesteuerte Bearbeitungszentrum gemäß der Erfindung erfüllt. In diesem ist mit dem Bezugszeichen 1 ein Kühlmittelbehälter mit Späneförderer, mit 2 eine Maschinenvollverkleidung zur Bildung eines geschlossenen Maschinenarbeitsraum, mit 3 ein Werkzeugmagazin mit Werkzeugzubringer, mit 4 ein Schaltschrank einschließlich NC-Steuerung, mit 5 ein Maschinenständer mit Y- und Z-Achse, mit 6 ein Spindelstock mit Hauptspindel, 8 eine Palette, 9 ein Palettenwechsler und mit 10 ein Maschinenbett mit X-Achse und Rundtisch mit B-Achse bezeichnet. Zur Bildung eines derartigen neuen Bearbeitungszentrums können zwei nb-h 90 in der aus Fig. 2 ersichtlichen Art und Weise so angeordnet werden, daß sie zwischen sich das Werkzeugmagazin mit Werkzeugzubringer 3 zur Bildung eines einheitlichen Bearbeitungszentrums integrieren. Mit dem aus Fig. 2 ersichtlichen, erfindungsgemäßen Bearbeitungszentrum und einer neuen Verfahrensweise zur Bearbeitung von NC-Teileprogrammen lassen sich die vorstehend unter Ziffer 1 bis 7 aufgeführten Forderungen voll erfüllen. Die Grundanordnung wird als Duo-Zelle bezeichnet und besteht aus zwei spiegelbildlichen nb-h 90-Basismaschinen auf einem Maschinenbett und dem erwähnten gemeinsamen Werkzeugmagazin 3, dessen Handhabungs-Einrichtung beide Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 mit Werkzeugen versorgt. Jeder Basismaschine ist somit ein Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 zugeordnet. Die Werkzeug-Wechsler 11 sind so gestaltet, daß sie eine Werkzeug-Puffer-Funktion haben. Dies ergibt sich besonders deutlich aus den Fig. 3a bis Fig. 3h, in denen die Spindeln der beiden nb-h 90-Basismaschinen mit "Spindel I" und "Spindel II" bezeichnet sind. Da beiden NC-gesteuerten Basismaschinen des erfindungsgemäßen Bearbeitungszentrum zugeordnete, gemeinsame, zentrisch zwischen den Basismaschinen angeordnete Werkzeugmagazin ist als strichpunktierter Kreis schematisch angedeutet und mit dem Bezugszeichen 19 bezeichnet worden.

Da jeder Seite des Bearbeitungszentrums, also jeder "Basismaschine", ein Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 zugeordnet ist, ist in den Fig. 3a bis Fig. 3h unter der Bezeichnung "Spindel I" und "Spindel II" der jeweils der betreffenden Spindel I oder II zugeordnete Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 dargestellt, und zwar in verschiedenen Drehstellungen.

Mit den Bezugszeichen 13, 14, 15, 16, 17 und 18 sind Werkzeuge schematisch als Kreisflächen veranschaulicht, die in dem den beiden Werkzeug-Wechslern 11 und 12 gemeinsamen Magazin 19 gespeichert bzw. aus diesem Magazin 19 von den Werkzeug-Wechslern 11 und 12 auch entnommen werden können. Das Werkzeugmagazin 19 ist unter jeder Bezeichnung "Spindel I" und "Spindel II" als strichpunktierter Kreis veranschaulicht. In Wirklichkeit handelt es sich um eine Einrichtung, die zwischen den beiden Basismaschinen zur Bildung eines räumlich einheitlichen NC-gesteuerten Bearbeitungszentrums angeordnet ist. Dem Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 werden dabei Werkzeuge, z. B. 13, von dem NC-gesteuerten Werkzeugzubringer 3 zugeführt bzw. aus diesen in der noch zu beschreibenden Art und Weise weggeführt.

Um die einzelnen Stellungen der Werkzeuge 13, 14,

15, 16, 17 und 18 in den Spindeln I und II sowie die Anordnung der Werkzeuge 13 bis 18 und ihren Austausch zu veranschaulichen, wurden die die Spindeln I und II und das Werkzeugmagazin 19 symbolisch darstellenden Kreise nicht nur mit den beschriebenen Bezugszeichen versehen, sondern auch unterschiedlich markiert. Die Ausgangslage ist in Fig. 3, oben, und zwar für die Spindeln I und II gleichermaßen, dargestellt.

Jeder der Werkzeug-Wechsler 11 und 12 besitzt zwei Arme 20, 21 bzw. 22, 23, deren Längsachsen 24, 25 bzw. 26, 27 einen spitzen Winkel  $\alpha$  bzw.  $\beta$  miteinander einschließen, der bei den dargestellten Ausführungsformen ein spitzer Winkel von etwa  $15-75^\circ$ , vorzugsweise etwa  $25-45^\circ$ , ist. Die Lage der Arme 20, 21 bzw. 22, 23 ist nicht veränderbar. Vielmehr sind die Arme 20, 21 bzw. 22, 23 mit dem Grundkörper des betreffenden Werkzeug-Wechsers 11 bzw. 12 einstückig — funktionell oder materialmäßig einstückig — miteinander verbunden. Die Längsachsen 24, 25 bzw. 26, 27 schneiden sich im Drehmittelpunkt des Werkzeug-Wechsers 11 bzw. 12, der motorisch angetrieben wird. Die Bewegungen der Werkzeug-Wechsler 11 und 12 sind ebenfalls in die NC-Steuerung des Bearbeitungszentrums mit einbezogen und wie die Bewegungen des Werkzeugzubringers 3 programmgesteuert. Die Drehbewegungen der Werkzeug-Wechsler 11 und 12 sind in Fig. 3a bis 3h durch jeweils einen Pfeil 28 bzw. 29 angedeutet. Bei der dargestellten Ausführungsform drehen somit die Werkzeug-Wechsler 11 und 12 gegeneinander, d. h. der Werkzeug-Wechsler 11 wird im Uhrzeigersinn und der Werkzeug-Wechsler 12 entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn gesteuert.

Beide Arme 20, 21 bzw. 22, 23 der Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 besitzen an ihren Enden geeignete Aufnahmekupplungen für die zu ergreifenden Werkzeuge 13, 14, 15, 16, 17 und 18. Die Anzahl der in der Zeichnung dargestellten und in der Beschreibung beschriebenen Werkzeuge entspricht nicht den tatsächlichen Gegebenheiten. Vielmehr kann diese Anzahl kleiner oder vorzugsweise ganz erheblich größer sein. Die Anzahl der Werkzeuge 13 und folgende wird durch den jeweiligen Einsatzfall bestimmt.

In Fig. 3a bis 3h ist der Ablauf des Werkzeugwechsels für die Spindeln I und II jeweils untereinander dargestellt, und zwar für die Spindeln I und II jeweils in acht Schritten (Stellungen). In der Ausgangslage, d. h. in der Stellung gemäß Fig. 3a befindet sich in der Spindel I das Werkzeug 13 und in der Spindel II das Werkzeug 17, während der Werkzeug-Wechsler 11 mit seinem Arm 20 das Werkzeug 14 von dem Werkzeugmagazin 19 bzw. dem Werkzeugzubringer 3, der in Fig. 3a bis 3h der Einfachheit halber nicht dargestellt wurde, entnommen hat.

In der Stellung gemäß Fig. 3b sind der Werkzeug-Wechsler 11 und der Werkzeug-Wechsler 12 um einen gewissen Winkelbetrag durch die NC-Steuerung weiterbewegt worden. In dieser Stellung fluchten die Aufnahmekupplungen des Armes 21 bzw. des Armes 22 mit der Spindellängsachse der Spindel I bzw. II, die zu diesem Zwecke nach vorne gefahren wurden (nicht dargestellt), so daß die Werkzeuge aus der Spindel I bzw. II von dem Arm 21 bzw. 22 übernommen werden kann.

In Stellung gemäß Fig. 3c wurden der Werkzeug-Wechsler 11 und 12 abermals um einen gewissen Winkelbetrag weitergedreht, derart, daß die Mitte der Aufnahmekupplungen koaxial zur Längsachse der Spindel I bzw. II angeordnet ist und in dieser Stellung die Werkzeuge 14 bzw. 16 von der Spindel I bzw. II übernommen

werden kann. Danach schwenkt der Werkzeug-Wechsler 11 und 12 in die aus Fig. 3d ersichtliche Stellung, in der der Arm 21 bzw. 22 jeweils ein Werkzeug 13 bzw. 17 trägt.

Die Stellung gemäß Fig. 3e zeigt eine Position der Werkzeug-Wechsler 11 und 12, bei der diese abermals um einen gewissen Winkelbetrag weitergedreht worden sind, derart, daß die Längsachsen der Aufnahmekupplung der Arme 21 bzw. 22 mit dem entsprechenden Aufnahmekupplungen des Werkzeugzubringers 3 fluchten, der daraufhin die Werkzeuge 13 bzw. 17 von dem Arm 21 bzw. 22 übernimmt. Der Werkzeugzubringer 3 führt somit Bewegungen aus, während die Werkzeug-Wechsler 11 und 12 selbst keine axialen Bewegungen ausführen können, sondern sich lediglich um ihren Drehmittelpunkt zu drehen vermögen. Damit der Werkzeugzubringer 3 das übernommene Werkzeug 13 bzw. 17 wegtransportieren kann, ist in Stellung Fig. 3f der Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 zurückgedreht worden. Daraufhin kann der Werkzeugzubringer 3 das betreffende Werkzeug zu dem zentralen Werkzeugmagazin abtransportieren.

Daraufhin wird der Werkzeug-Wechsler 11 bzw. 12 in seine aus Fig. 3g ersichtliche Position geschwenkt, in der er mit seinen Aufnahmekupplungen der Arme 20 bzw. 23 unterhalb des zu übernehmenden Werkzeuges 15 bzw. 18 zu liegen kommt, das jeweils aus dem Werkzeugmagazin von dem Werkzeugzubringer 3 herangefördert wurde. Daraufhin wird der Werkzeug-Wechsler 11 und 12 wieder hochgeschwenkt, so daß er das von dem Handhabungsgerät das aus dem Werkzeugmagazin herangeförderte neue Werkzeug 15 bzw. 18 mit der Aufnahmekupplung seines Armes 20 bzw. 23 übernehmen kann. Der Arm 21 bzw. 22 des Werkzeug-Wechsers 11 bzw. 12 steht daraufhin für eine erneute Übernahme eines Werkzeuges aus der Spindel I bzw. II bereit. Die Arme 20 und 23 der Werkzeug-Wechsler 11 und 12 haben somit zumindest in der Position gemäß Fig. 3h eine Puffer-Funktion übernommen, da schon während der Bearbeitung mit in den Spindeln I und II befindlichen Werkzeugen ein neues Werkzeug, eben die Werkzeuge 15 und 18 bereitgehalten werden können, woraufhin der Zyklus gemäß Fig. 3a und folgende wiederholt werden kann.

Bei der Bearbeitung gleicher Werkstücke laufen die Programme auf beiden Stationen bzw. Basismaschinen des Bearbeitungszentrums gemäß Fig. 2 zeitversetzt ab. Dadurch kann mit nur einem Werkzeugsatz gearbeitet werden, was in Fig. 4 schematisch veranschaulicht wurde.

In den Fig. 6 bis 8 ist die Bearbeitung eines Werkzeuges mit verschiedenen Bohrungen 30, 31, 32 sowie Ansenkungen 33 schematisch veranschaulicht worden. Auch die verschiedenen Flächen sollen durch Fräsen bearbeitet werden. Sollen z. B. mit den Spindeln I und II ungleiche Teile bearbeitet werden, so muß die Schnittmenge aller benötigten Werkzeuge in dem gemeinsamen Werkzeugmagazin 3 vorhanden sein. Durch die flexible Programmierung erfolgt die Teilebearbeitung, z. B. der Teile nach den Fig. 6 bis 8, nicht mehr wie bisher nach einer starr im Programm vorgegebenen Reihenfolge, sondern flexibel nach bestimmten Strategien. Werden z. B. ungleiche Teile nach den Fig. 6 bis 8 zur selben Zeit von den Spindeln I und II bearbeitet, so kann die Strategie gemäß Fig. 5 erfolgen. Wie man sieht, beginnt das Fräsen bzw. das Flächenschruppen an den verschiedenen Flächen, die links im Kreis in Fig. 5 mit  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$  bezeichnet sind. Daran schließen

sich dann die verschiedenen Bohrungen an. Entweder kann hierbei mit der einen Spindel beispielsweise mit der Spindel II mit dem dafür benötigten Werkzeug oder mit der anderen Spindel I gebohrt werden. Befindet sich z. B. das Werkzeug in der Spindel I, dann wird das andere Werkzeug gemäß dem mittleren, sich an den Kreis T1 anschließenden Kreis T5 gebohrt. Die übrigen sich wahlweise anschließenden Bearbeitungsvorgänge werden durch die Kreise bis T14 und durch die Pfeile veranschaulicht. Man erkennt daraus, daß das Programm im Zusammenhang mit der NC-Steuerung bei nur einem Werkzeugsatz die Spindeln I und II so bestückt, daß nicht nur kein Stillstand entsteht, sondern man tatsächlich mit einem Werkzeugsatz und einem Werkzeugmagazin 3 auskommt. Der werkzeugabhängige Programmablauf und die Duo-Zelle, von der bei der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine gemäß Fig. 2 Gebrauch gemacht wird, erlauben somit die gleichzeitige Bearbeitung von zwei gleichen oder ungleichen Werkstücken mit nur einem Schnittmengen-Werkzeugsatz und ungefähr gleicher Zeit wie bei zwei getrennten Bearbeitungszentren. Dies ist in Fig. 9 nochmals schematisch veranschaulicht worden. Deutlich erkennt man zum einen den Werkzeugaufwand (Anzahl der Werkzeuge) für die nb-h TWIN (zwei Werkzeugspindeln) und zum anderen den nur halb so großen Werkzeugaufwand, bei der etwa doppelten Stückzeit bei der nb-h 90.

Bei Verwendung von zwei Basismaschinen, z. B. gemäß nb-h 90, einem Werkzeugmagazin und den aus Fig. 3a bis 3h ersichtlichen Werkzeug-Wechslern 11 und 12 und einem Werkzeugzubringer 3 ergibt sich der aus Fig. 9 ersichtliche nur etwa halb so große Investitionsaufwand für die Werkzeuge. Werden — was in der Praxis vorkommen kann — zusätzliche Werkzeuge für eine erfindungsgemäße Maschine bereitgehalten, z. B. einige Werkzeuge doppelt angeordnet, so ergibt sich immerhin noch eine Ersparnis, die durch das kreuzschraffierte Rechteck "Mehr-Werkzeuge" veranschaulicht wurde. Dies geht einher mit einer etwas größeren Stückzeit, die durch das kreuzschraffierte Rechteck "Mehr-Zeit" gekennzeichnet ist. Aus Fig. 9 kann man auch in diesem Falle die "Einsparung Werkzeuge" und "Einsparung Stückzeit" ablesen.

Berücksichtigt man, daß nach den heutigen Systemen bei der nb-h TWIN in der Regel drei Werkzeugsätze pro Bearbeitungszentren angeschafft werden müssen, so ergibt sich eine sehr große Einsparung an Investitionskosten. In der Praxis geht man nämlich heute noch so vor, daß man einen Werkzeugsatz am Bearbeitungszentrum einsetzt, einen Werkzeugsatz in Reserve hält und einen Werkzeugsatz zur Bearbeitung (Schleifen, Einstellen, usw.) gibt. Aus Fig. 10 läßt sich folgendes ablesen:

1. Die Maschinenkosten sind günstiger als zwei separate Bearbeitungszentren.
2. Es fallen lediglich die halben Werkzeugkosten an.
3. Es ergeben sich wesentlich günstigere Stückkosten.

Aus Fig. 11 ergibt sich ebenfalls ein Bearbeitungszentrum gemäß der Erfindung, wobei dieses durch ein Linearpalettenförderer 34 erweitert wurde. Mit 35 ist ein Steuerpult und mit 36 ein Schaltschrank bezeichnet worden, während 37 einen Querbeförderer darstellt. Mit 38 sind Paletten bezeichnet.

Aus Fig. 12 ist zu ersehen, wie drei erfindungsgemäße Bearbeitungszentren in ein flexibles Fertigungssystem

integriert wurden.

Die in der Zusammenfassung, in den Patentansprüchen und in der Beschreibung beschrieben sowie aus der Zeichnung ersichtlichen Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

#### Literaturverzeichnis:

- 10 Prospekt "Das Zweispindlige CNC-Bearbeitungszentrum nb-h twin", der Firma Hüller Hille
- Prospekt "Das neue CNC-Bearbeitungszentrum für nebenzeitfreies Umrüsten bei Auftragswechsel nb-h 90", der Firma Hüller Hille

#### Bezugszeichenliste:

- 1 Kühlmittelbehälter mit Späneförderer
- 2 Maschinenvollverkleidung mit geschlossenem Maschinenarbeitsraum
- 3 Werkzeugmagazin mit Werkzeugzubringer
- 4 Schaltschrank einschließlich NC-Steuerung
- 5 Maschinenständer mit Y- und Z-Achse
- 6 Spindelstock mit Hauptspindel
- 8 Palette
- 9 Palettenwechsler
- 10 Maschinenbett mit X-Achse und Rundtisch-B-Achse
- 11 Werkzeug-Wechsler
- 12 Werkzeug-Wechsler
- 13 Werkzeuge
- 14 Werkzeuge
- 15 Werkzeuge
- 16 Werkzeuge
- 17 Werkzeuge
- 18 Werkzeuge
- 19 Werkzeugmagazin
- 20 Arm
- 21 Arm
- 22 Arm
- 23 Arm
- 24 Längsachse
- 25 Längsachse
- 26 Längsachse
- 27 Längsachse
- 28 Pfeil
- 29 Pfeil
- 30 Bohrung
- 31 Bohrung
- 32 Bohrung
- 33 Ansenkung
- 34 Linear-Paletten-Speicher
- 35 Steuerpult
- 36 Schaltschrank
- 37 Querbeförderer
- 38 Paletten

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels NC-gesteuerter Bearbeitungszentren, deren Spindeln Werkzeuge NC-gesteuert zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitung gleicher oder ungleicher Werkstücke nicht mehr grundsätzlich nach einer starren, im NC-Teilprogramm vorgegebenen, Reihenfolge sondern flexibel nach bestimmten Strategien erfolgt, in Abhängigkeit davon, welches der benötigten Werkzeuge zum jeweiligen Zeitpunkt im zentralen

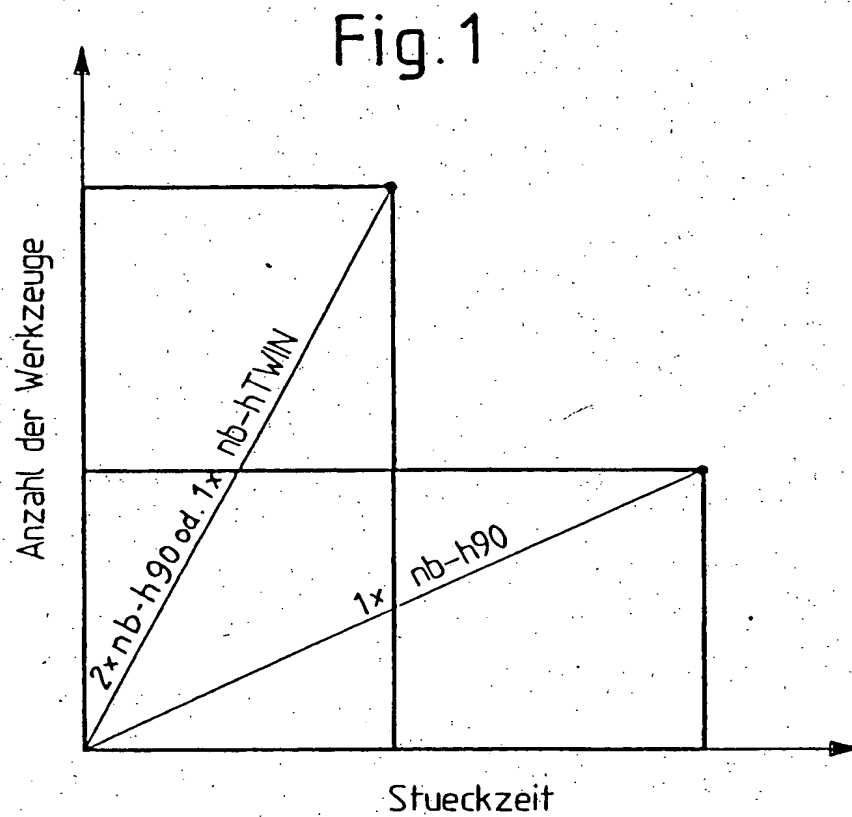
Werkzeugmagazin zur Verfügung steht, wobei die Anzahl der dort gespeicherten Werkzeuge, der einfachen Schnittmenge der für die verschiedenen Werkstücke erforderlichen Werkzeuge entspricht (nur ein Werkzeug-Satz).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aus dem gemeinsamen Werkzeugmagazin zu- und abgeführten Werkzeuge in einer Zwischenstation gepuffert (zeitlich zwischengespeichert) werden.

3. Bearbeitungszentrum zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2 mit zwei NC-gesteuerten Spindeln zur Aufnahme je eines Werkzeuges, mit Werkzeugmagazin, Werkzeugen, NC-Steuerung, Werkzeugzubringer, dadurch gekennzeichnet, daß zwei etwa spiegelbildlich zueinander angeordnete NC-gesteuerte Basismaschinen auf einem gemeinsamen Maschinenbett angeordnet sind, die je eine Spindel (I bzw. II) aufweisen und daß zwischen den beiden Basismaschinen auf dem gemeinsamen Maschinenbett, z. B. zentral, ein einziges Werkzeugmagazin (19) mit einem einzigen Werkzeugzubringer (3) für beide NC-gesteuerten Werkzeugmaschinen vorgesehen ist, daß die Spindeln (I, II) beider Werkzeugmaschinen durch einen ortsfesten, aber NC-gesteuerten, motorisch drehangetriebenen Werkzeug-Wechsler (11 bzw. 12) mit Werkzeugen bestückbar sind; der an zwei im Winkel zueinander stehenden Armen (20, 21 bzw. 22, 23) Kupplungen zur Aufnahme von Werkzeugen aufweist und daß die Spindeln (I, II) axiale Zustellbewegungen zu diesen Kupplungen der Werkzeug-Wechsler (11, 12) ausführen, während der Werkzeug-Wechsler selbst nicht verschieblich ist.

4. Bearbeitungszentrum nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Arme (20, 21 bzw. 22, 23) im spitzen Winkel zueinander angeordnet und einstückig miteinander und mit einem Grundkörper des Werkzeug-Wechslers (11 bzw. 12) verbunden sind und daß der Werkzeug-Wechsler (11 bzw. 12) in einer Zwischen-Puffer-Station (Fig. 3h) ein Werkzeug (15 bzw. 18) bereithält, während sich in der Spindel (I, II) zur Bearbeitung eines Werkstückes ein anderes Werkzeug (14 bzw. 16) befindet.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen



Werkzeug-Stueckzeit-Verhaeltnis

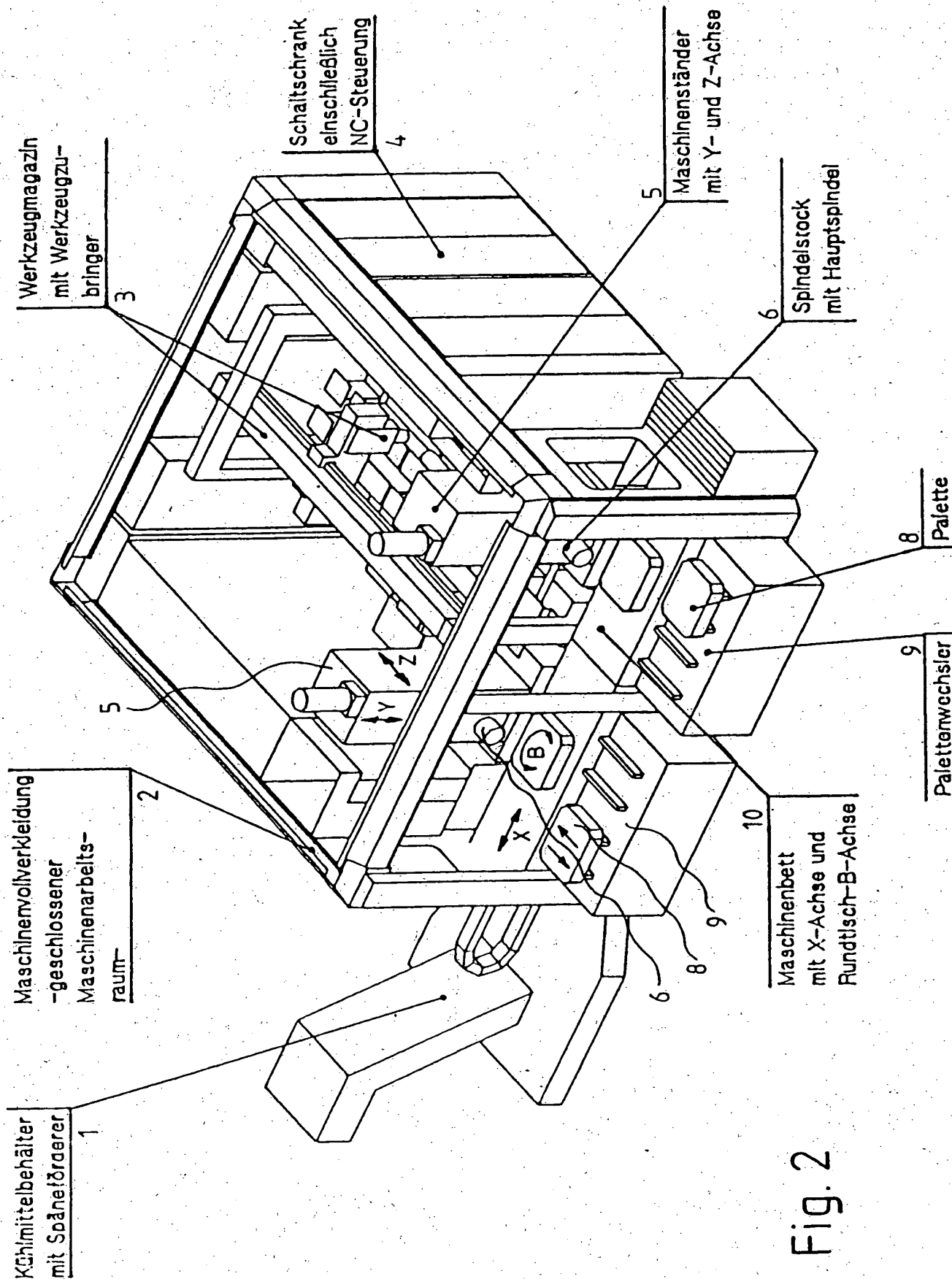
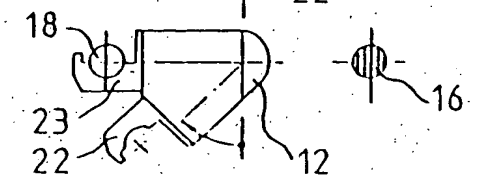
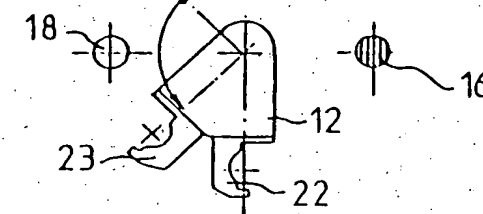
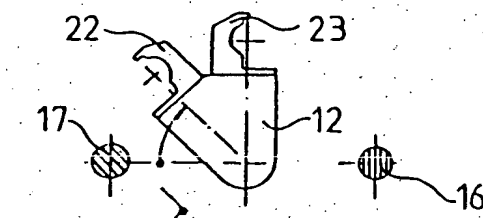
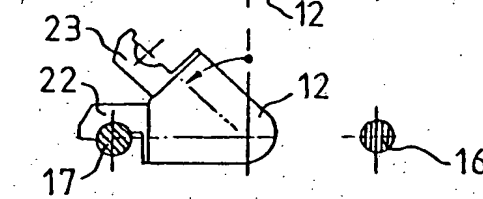
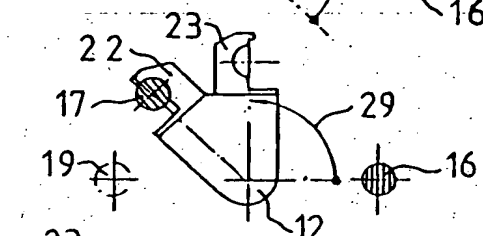
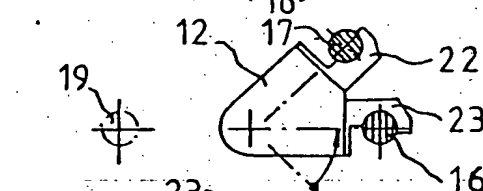
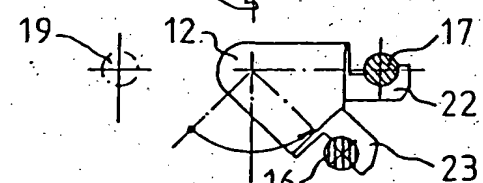
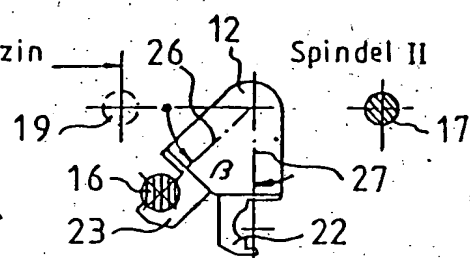
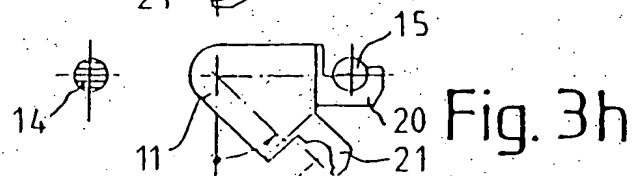
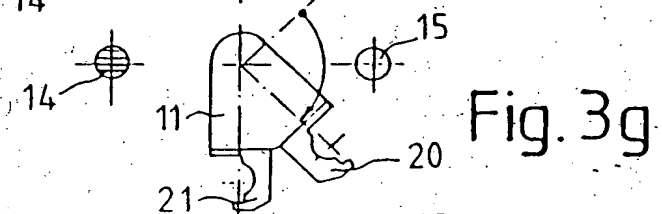
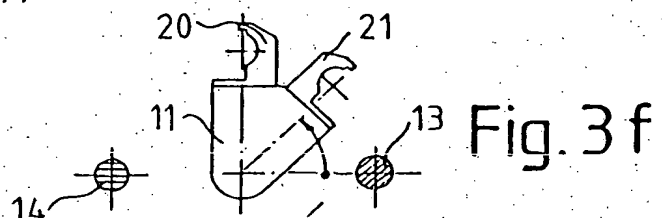
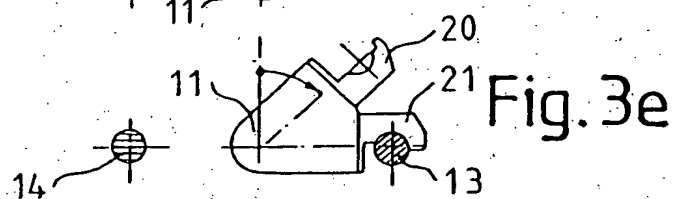
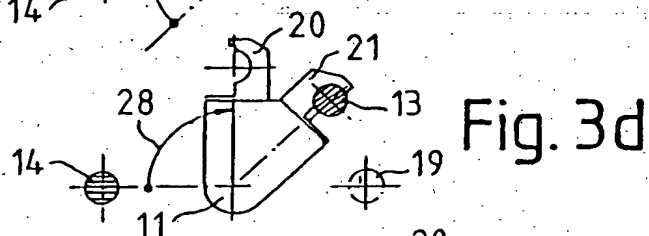
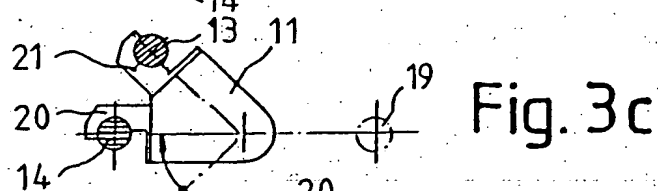
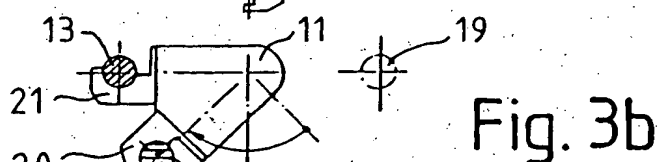
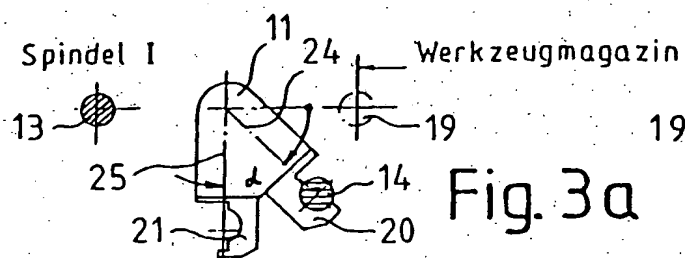


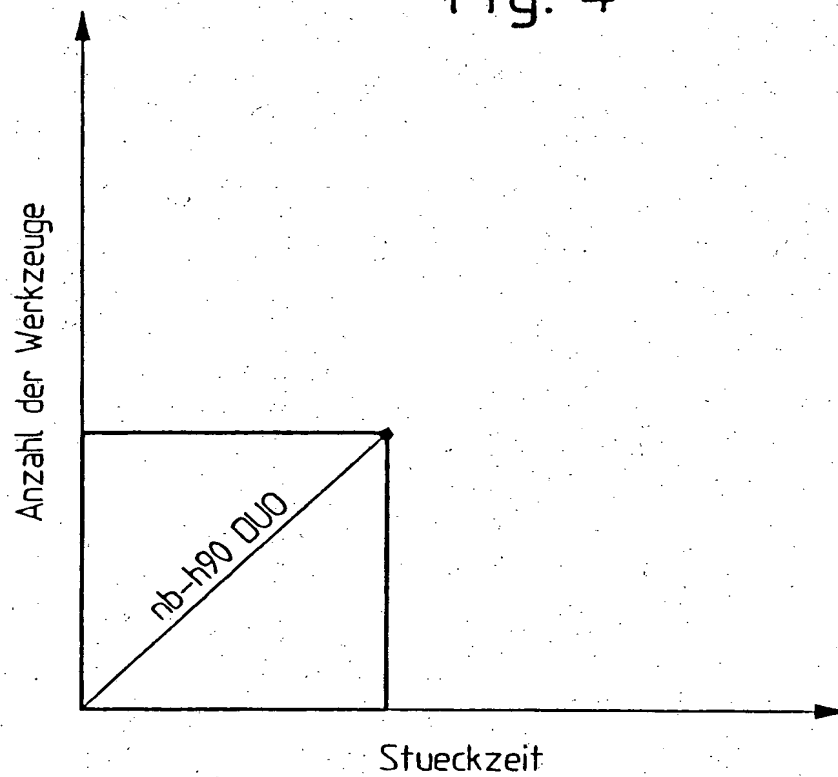
Fig. 2





Werkzeugwechsel      nb-h 90 DUO

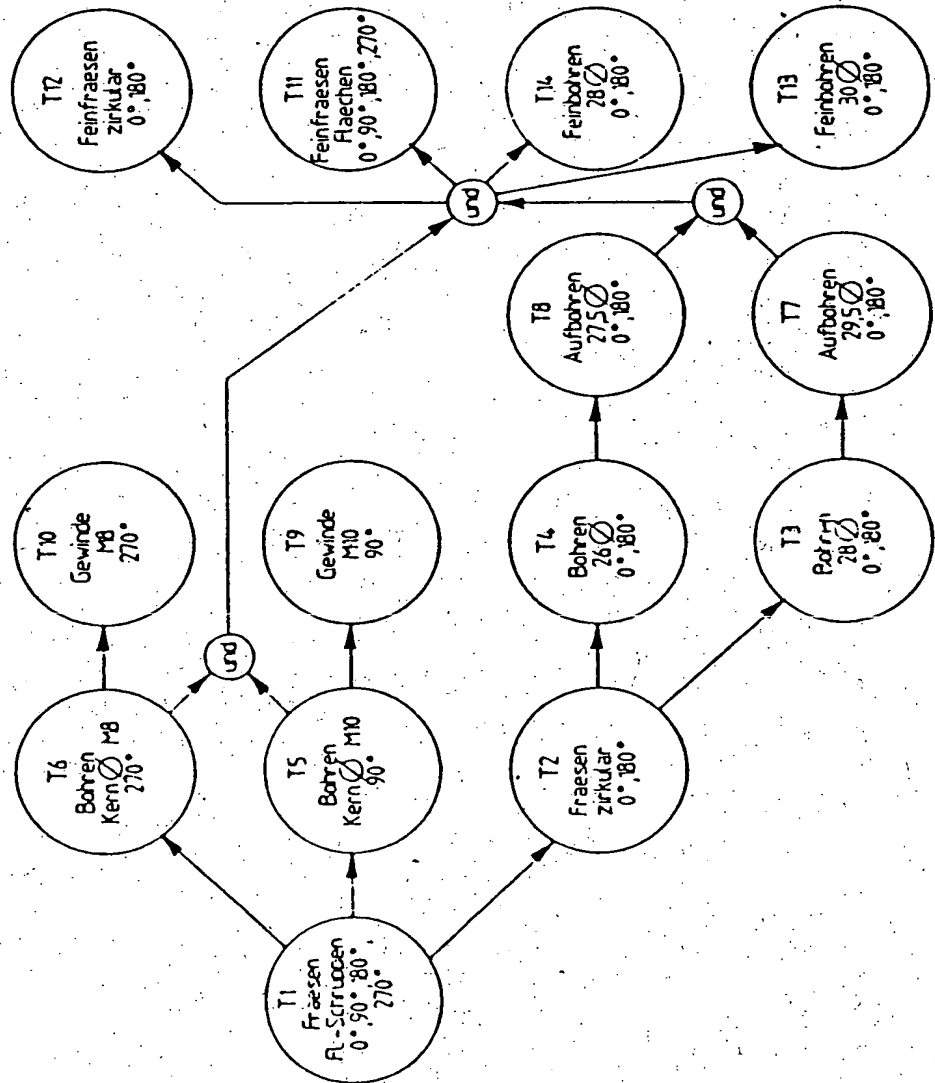
Fig. 4



Werkzeug-Stueckzeit-Verhaeltnis

# Werkzeug-Auswahl-Möglichkeit

3+6      4+4      2+4      4+2      1



Wenn alle Operationen ohne  
Ausgangs-Pfeil ausgeführt  
sind, ist das Teil fertig  
bearbeitet.

= Programmende

Fig. 5

## Operations-Netz

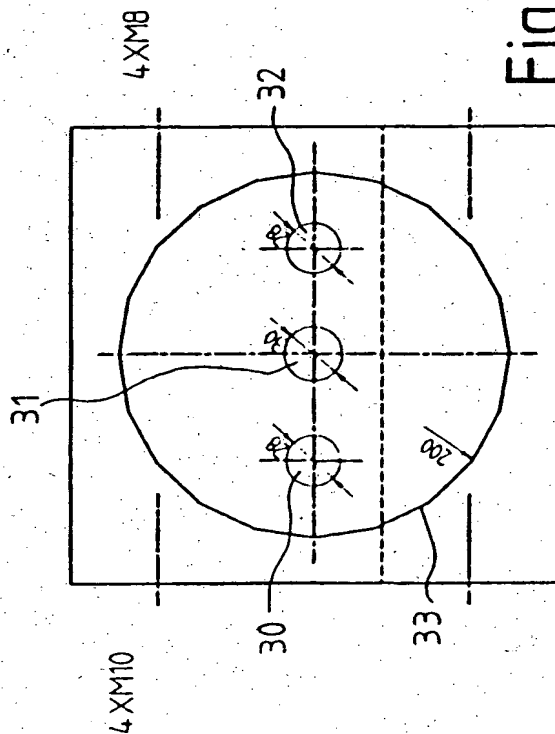


Fig. 6

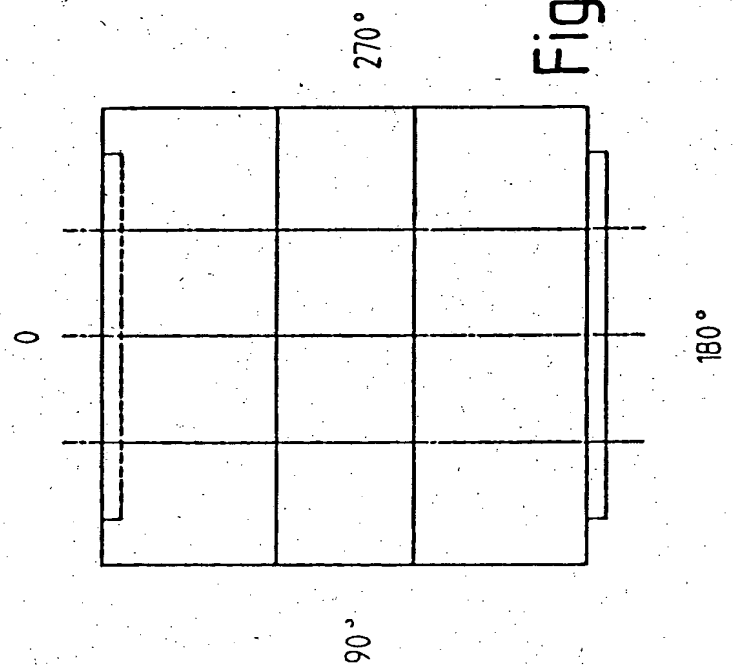


Fig. 7

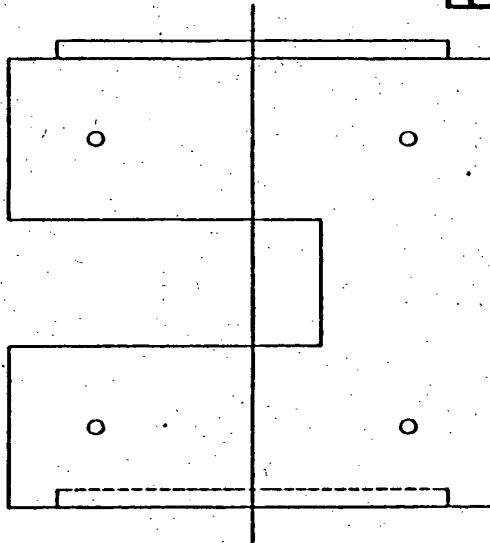
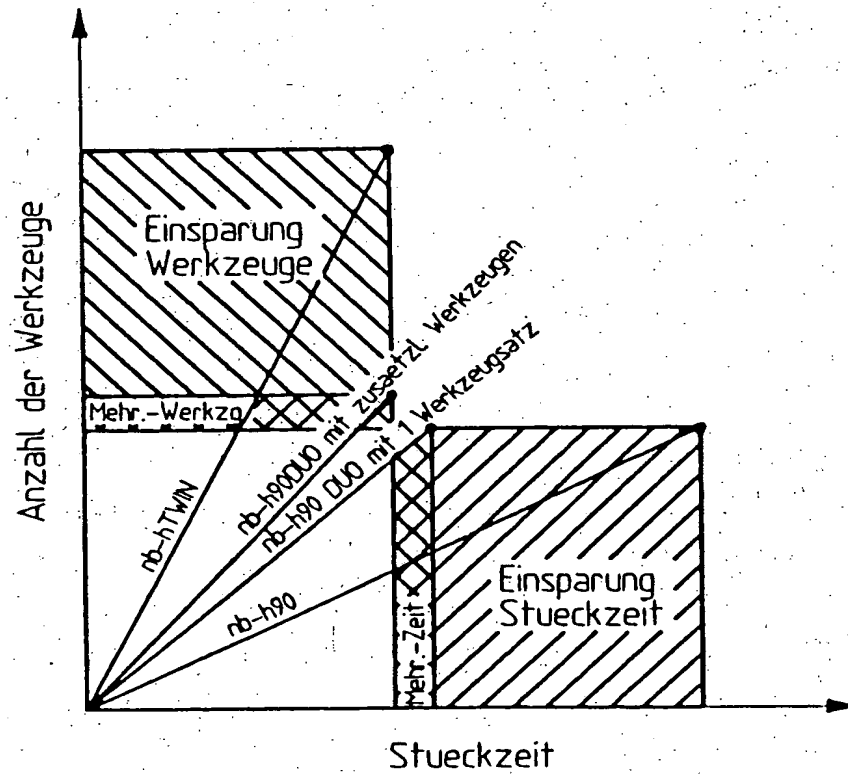


Fig. 8

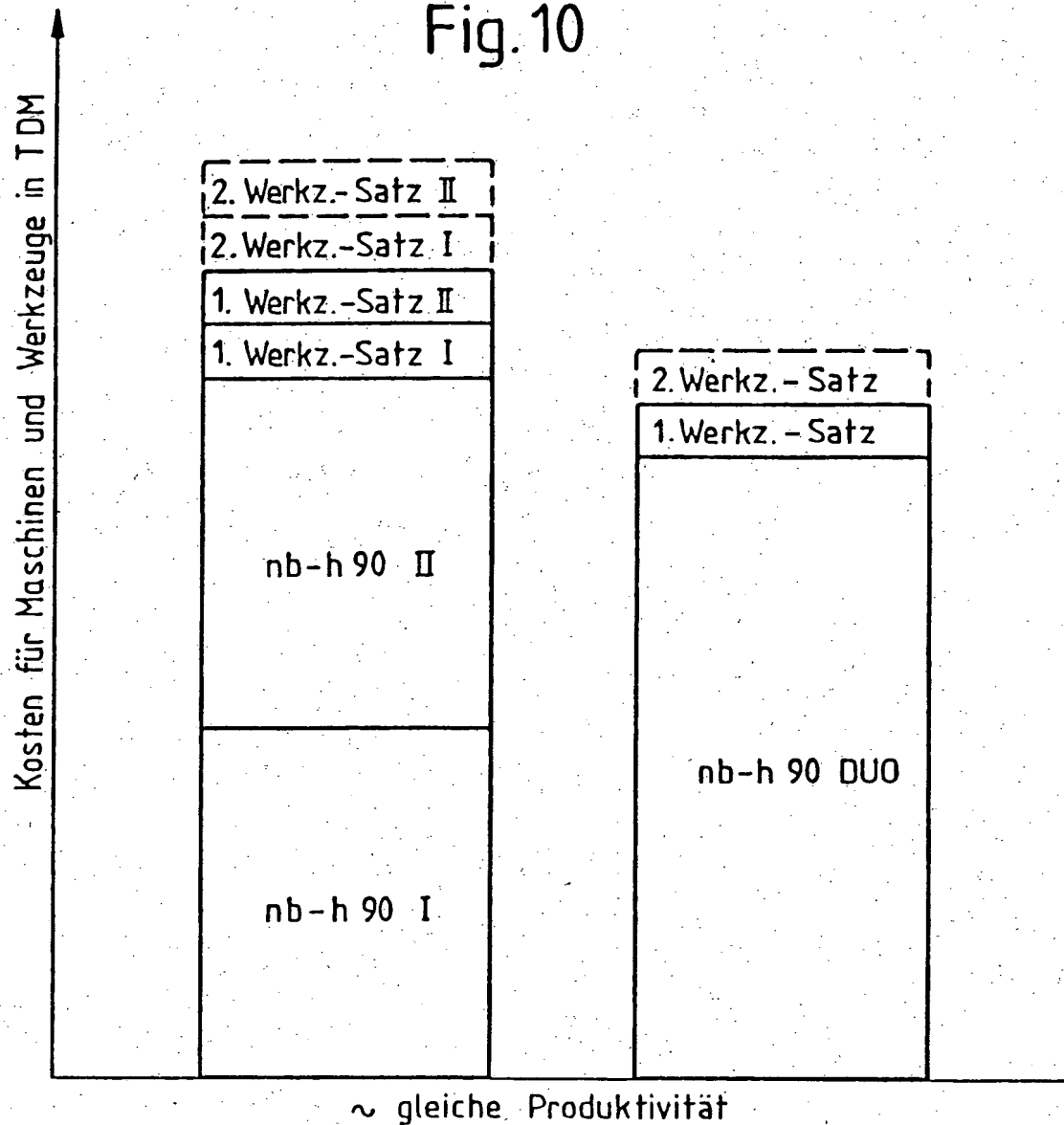
- T1 = Fraeser 160 Ø  
T2 = Igelfraeser 63 Ø  
T3 = Spiralbohrer 28 Ø  
T4 = Spiralbohrer 26 Ø  
T5 = Spiralbohrer 8,5 Ø  
T6 = Spiralbohrer 6,8 Ø  
T7 = Senker 29,5 Ø  
T8 = Senker 27,5 Ø  
T9 = Gewindebohrer M10  
T10 = Gewindebohrer M8  
T11 = Fraeser 160 Ø  
T12 = Walzenfraeser 63 Ø  
T13 = Bohrstanze 30 Ø  
T14 = Bohrstanze 28 Ø

Fig. 9



Werkzeug-Stueckzeit-Verhaeltnis

Fig. 10



Kosten:

2 nb-h 90	1 054 000,- DM	
4 Werkz.-Sätze a 80 Stück	320 000,- DM	
		→ 1 374 000,- DM
1 nb-h 90 DUO	937 000,- DM	
2 Werkz.-Sätze a 80 Stück	160 000,- DM	
		→ 1 097 000,- DM
Differenz:		277 000,- DM
Differenz im Stundensatz:	28,- DM	

Kostenvergleich

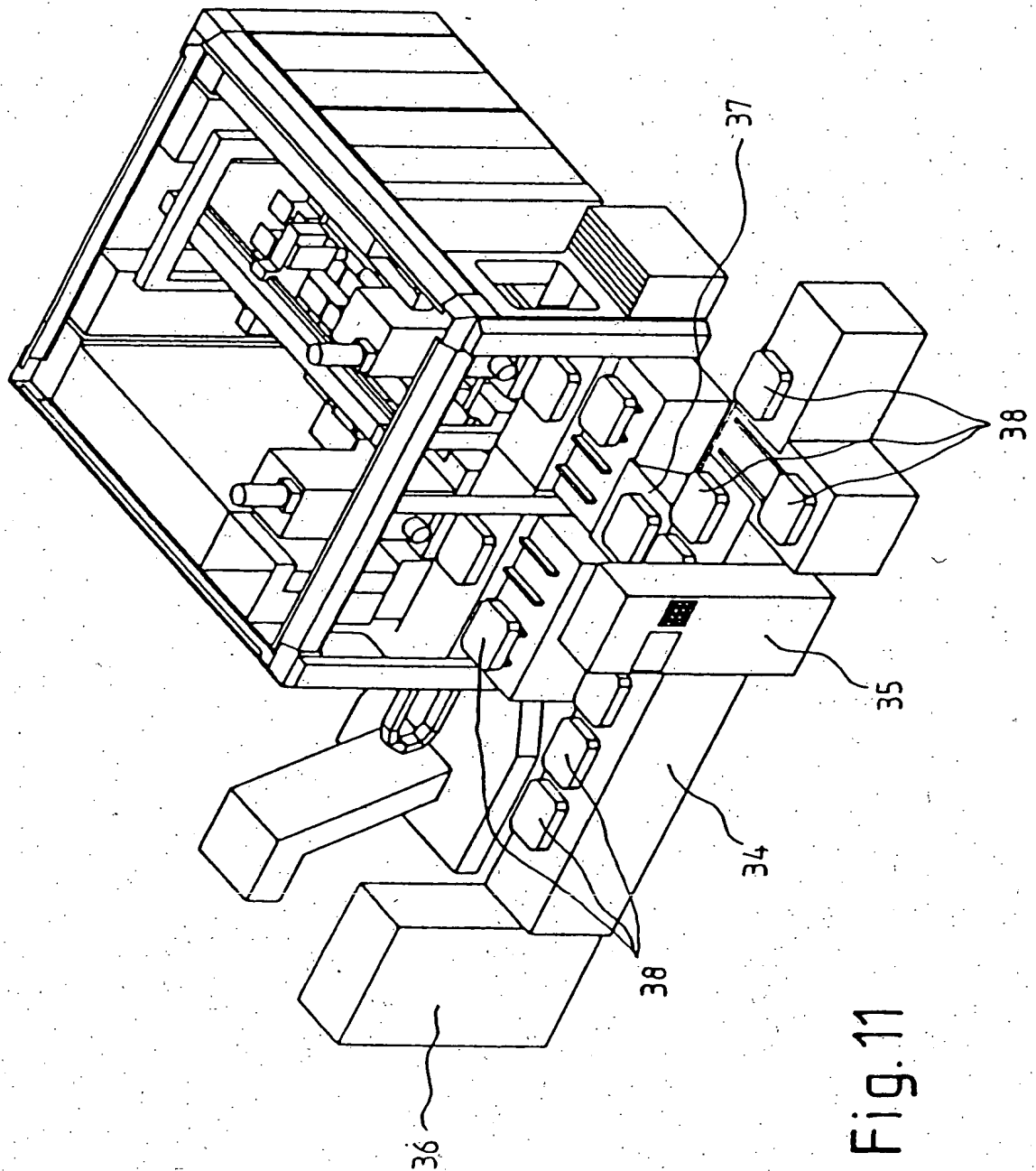


Fig. 11

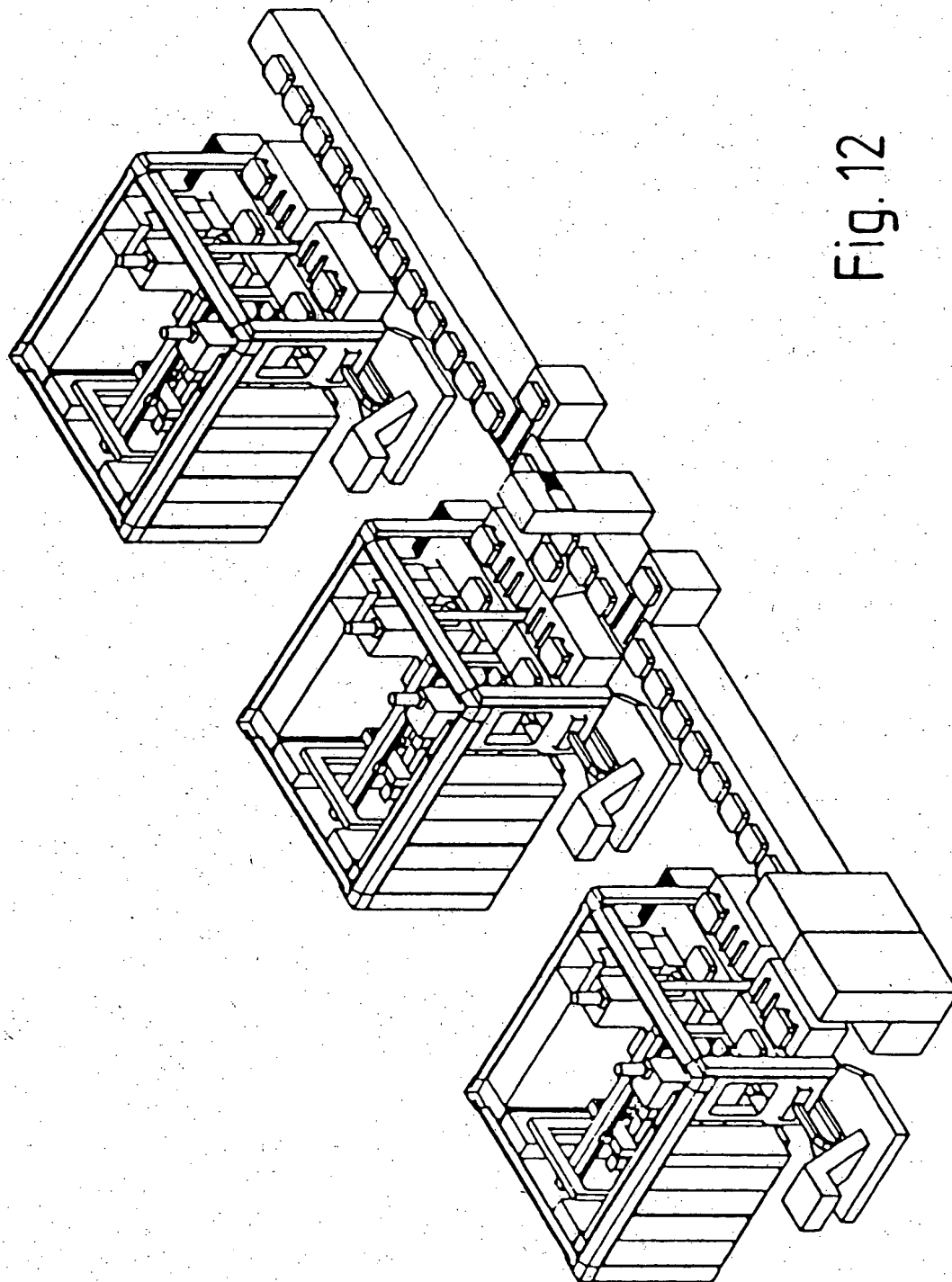


Fig. 12